

**STUDI PARAMETER DAN PENGARUH PENGGUNAAN TIANG
KAYU GALAM PADA TANAH LUNAK*****STUDY PARAMETER AND THE EFFECT OF GALAM WOOD PILE
ON SOFT SOIL*****Muhammad Ridwan**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hassanuddin
mridwan2000@yahoo.com

Lawalenna Samang

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hassanuddin
Samang_1@yahoo.com

M. Wihardi Tjaronge

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Hassanuddin
tjaronge@yahoo.co.id

M. Ramli

Jurusan Arsitektur, Universitas Hassanuddin
mh_ramli87@yahoo.com

INTISARI

Pelaksanaan konstruksi diatas tanah lunak menimbulkan beberapa masalah, yaitu tanah lunak memiliki daya dukung yang lemah dan memiliki tingkat kompresibilitas yang tinggi yang mengakibatkan penurunan yang besar, baik penurunan total maupun penurunan differensial. Kayu galam (*melaleuca cajupati*), material yang banyak digunakan sebagai bahan pendukung pelaksanaan konstruksi struktur, banyak digunakan di Kalimantan dan Sumatera. Sisa kayu galam tentu menjadi alternatif ekonomis yang digunakan sebagai bahan pondasi untuk mengatasi permasalahan daya dukung serta penurunan pada tanah lunak. Studi parameter kayu galam dan tanah lunak dilakukan di Laboratorium untuk mengetahui sifat teknis kayu galam dan tanah lunak. Hasil parameter kayu galam dan tanah lunak, digunakan pada analisis pengaruh penggunaan tiang kayu galam pada tanah lunak. Analisis menggunakan metode elemen hingga, program PLAXIS. Hasil menunjukkan bahwa penggunaan tiang kayu galam meningkatkan daya dukung dan mengurangi penurunan secara signifikan.

Kata kunci :daya dukung, kompresibilitas, penurunan

ABSTRACT

Construction on soft soil raises several issues. The low bearing capacity, high compressibility and the low permeability of the soft clay caused the problems both design and construction. Galam wood (melaleuca cajupati), as material which is usually used for construction support or formwork, is widely used in Kalimantan and Sumatera. Galam wood waste would be an economical alternative material for supporting a foundation for resolving the problems and a decrease in the carrying capacity on soft soil. Study parameters Galam wood and soft soil sample is carried out in laboratory to determine the engineering properties of wood Galam and soft soil sample. The results of Galam wood and soft soil parameters are used in the

analysis of the effect of galam wood pile on soft soil. Analysis using finite element method, program PLAXIS. The results showed that the use of Galam wood pile increase the bearing capacity and decrease the settlement significantly.

Keywords : *Bearing capacity, compressibility, settlement.*

PENDAHULUAN

Pembangunan konstruksi diatas lapisan tanah lempung lunak umumnya mengalami beberapa permasalahan yang berhubungan dengan daya dukung, penurunan differensial, tekanan lateral, dan ketidakstabilan struktur (Rao, 2006). Hal ini terjadi akibat tanah lunak memiliki daya dukung yang lemah dan memiliki tingkat kompresibilitas yang tinggi yang mengakibatkan penurunan yang besar, baik penurunan total maupun penurunan differensial. Selain itu dibutuhkan waktu konsolidasi dan penurunan (Demerdash, 2006).

Tanah lempung lunak mempunyai sifat sangat mudah memampat (*compressible*), memiliki permeabilitas dan daya dukung yang rendah sehingga jenis tanah ini kurang menguntungkan secara teknis untuk mendukung suatu pekerjaan konstruksi sebelum dilakukan perbaikan tanah untuk meningkatkan daya dukungnya.

LANDASAN TEORI

Tinjauan Pustaka

Kayu Galam Sebagai Tiang Cerucuk

Untuk mengatasi permasalahan tanah lunak pada daerah daerah terpencil maka penggunaan material lokal menjadi salah satu pilihan yang menarik dan ekonomis. Pemakaian cerucuk pada lempung lunak dapat meningkatkan daya dukung lempung lunak.

Cerucuk memberikan kontribusi yang cukup besar pada lempung lunak, diperoleh kontribusi mencapai 2,2 kali daya dukung tanah lempung lunak tanpa dipasang cerucuk (Suroso, et al 2008).

Pada penelitian Suroso, et. al (2008) dihasilkan bahwa semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Begitu pula semakin panjang cerucuk memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Peningkatan paling efektif dari panjang cerucuk 18cm ke panjang 20cm pada

diameter 0,5cm dengan peningkatan daya dukung sebesar 62,1%.

Jemmy & Wijaya (1999) dalam penelitiannya telah menunjukkan bahwa pemasangan cerucuk tegak tepat di bawah pondasi memberikan peningkatan daya dukung pondasi sebesar 36.67 % dibandingkan jika pada tanah lempung lunak tidak dipasang cerucuk.

Menurut penelitian Wibowo AT (2011), penambahan cerucuk pada tanah lanau kepasiran meningkatkan nilai kuat geser (ϕ') dan menurunkan nilai kohesi (c'). Peningkatan sudut geser pada cerucuk berdiameter 5mm lebih besar dibanding diameter 3 mm, sementara penurunan kohesi pada contoh cerucuk berdiameter 3 mm lebih besar dibanding penurunan kohesi pada cerucuk berdiameter 5 mm. Penambahan cerucuk akan meningkatkan nilai modulus elastisitas (E) tanah, dimana peningkatan modulus elastisitas (E) berbanding lurus dengan besar luas penampang cerucuk yang digunakan.

Pada penelitian Suroso, et. al (2008) dihasilkan bahwa semakin besar diameter cerucuk secara keseluruhan memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Begitu pula semakin panjang cerucuk memberikan peningkatan daya dukung yang efektif. Peningkatan paling efektif dari panjang cerucuk 18cm ke panjang 20cm pada diameter 0,5cm dengan peningkatan daya dukung sebesar 62,1%.

Tjandrawijaya et.al (1999) dalam penelitiannya telah menunjukkan bahwa pemasangan cerucuk tegak tepat di bawah pondasi memberikan peningkatan daya dukung pondasi sebesar 36.67 % dibandingkan jika pada tanah lempung lunak tidak dipasang cerucuk.

Menurut penelitian Wibowo, AT (2011), penambahan cerucuk pada tanah lanau kepasiran meningkatkan nilai kuat geser (ϕ') dan menurunkan nilai kohesi (c'). Peningkatan sudut geser pada cerucuk berdiameter 5mm lebih besar dibanding

diameter 3 mm, sementara penurunan kohesi pada contoh cerucuk berdiameter 3 mm lebih besar dibanding penurunan kohesi pada cerucuk berdiameter 5 mm. Penambahan cerucuk akan meningkatkan nilai modulus elastisitas (E) tanah, dimana peningkatan modulus elastisitas (E) berbanding lurus dengan besar luas penampang cerucuk yang digunakan.

Dalam kaitannya perkuatan tanah dengan pemakaian tiang untuk mendistribusikan beban secara vertikal (lewat tahanan lekat) di dalam lapisan atau dengan mentransfer beban menjadi material yang buruk sampai didukung oleh tanah yang cukup kuat (tahanan ujung) (Suroso, et al, 2008)

Kayu galam (*Melaleuca Cajupati*) yang tumbuh secara alami di hutan rawa hingga mencapai tinggi 40 meter dan diameter sekitar 35 cm. Kayu galam sangat tahan terhadap tanah asam yang ada pada rawa. Meski berdiameter kecil, namun kayu galam sangat kuat biasa digunakan sebagai cerucuk. Bisa juga sebagai bagian sementara pembuatan jembatan, tiang pancang kecil, dan tiang bangunan.

Analisa Penurunan

Tanah akan mengalami pemampatan pada saat menerima pembebanan. Pemampatan tersebut disebabkan adanya deformasi partikel tanah, keluarnya air dari dalam pori, dan sebab-sebab lainnya. Secara umum, penurunan (*settlement*) pada tanah yang disebabkan oleh pembebanan dapat dibagi menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. penurunan segera (immediate settlement), yang merupakan akibat dari deformasi elastis tanah kering, basah, atau jenuh air tanpa adanya perubahan kadar air,
2. penurunan konsolidasi (consolidation settlement), yang merupakan hasil dari perubahan volume tanah jenuh air sebagai akibat dari keluarnya air yang menempati pori tanah.

Surjandari(2007) memberikan rumus-rumus yang dapat digunakan untuk menghitung penurunan segera yaitu: Timoshenko-Goodier; Burmister; dan Janbu. Sedangkan untuk penurunan konsolidasi dipakai rumus: Terzaghi; Skempton-Bjerrum; dan Lambe.

Persamaan yang diusulkan oleh Timoshenko-Goodier adalah:

$$S_i = qB \frac{1-m^2}{E_s} l_w \tag{1}$$

dimana,

q : tekanan pada plat pondasi, (kN/m²)

B : lebar pondasi (m)

μ : angka Poisson

E_s : modulus Elastisitas

l_w : faktor pengaruh

Janbu (1966) mengusulkan sebuah rumus untuk menghitung penurunan segera yaitu sebagai berikut:

$$S_i = m_0 m_i qB \frac{1-m^2}{E_s} \tag{2}$$

dengan *m₀, m_i* adalah koefisien penurunan vertikal Janbu. Teori konsolidasi primer 1 dimensi untuk tanah lempung terkonsolidasi normal, Terzaghi memberikan persamaan untuk menghitung besarnya penurunan konsolidasi sebagai berikut.

$$S_c = \frac{C_c \cdot H}{1+e_0} \log \frac{P_0 + \Delta P}{P_0} \tag{3}$$

dengan:

C_c : indeks kompresi

e₀ : angka pori awal

H : tebal lapisan tanah lempung (m)

P₀ : tegangan overburden (kN/m²)

ΔP : tambahan tegangan akibat beban luar(kN/m²)

METODOLOGI PENELITIAN

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan melakukan pengujian dengan tahapan yaitu:

- Pengujian pendahuluan, meliputi pengambilan undisturbed sample tanah lunak untuk dilakukan pengujian index properties dan engineering properties.
- Pengujian laboratorium untuk mengetahui index properties dan engineering properties pada sampel tanah lunak dan
- Pengujian pembebanan dilakukan dengan menggunakan program Plaxis 8.2 dengan membebani suatu model tiang kayu galam panjang 1.00-meter diameter 10.00 cm diletakkan di tengah-tengah permukaan suatu lapisan tanah lempung lunak.



Setelah dilakukan pengujian model yaitu penurunan dan daya dukung, maka data yang dihasilkan dari test tersebut dianalisa dan dibuat dalam bentuk grafik. Data kemudian dianalisa untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan tiang kayu galam terhadap penurunan dan daya dukung tanah lunak.

Kesimpulan mendiskusikan tentang pengaruh tiang kayu galam terhadap daya dukung dan penurunan tanah lunak. Hasil yang didapatkan dari analisis data dan grafik akan menjadi acuan untuk membuat kesimpulan berdasarkan tujuan studi.

Uji Klasifikasi Tanah

Pengujian laboratorium untuk menentukan sifat sifat teknis dari sample tanah lunak dibutuhkan untuk mencapai tujuan. Pengujian tanah lunak dilakukan berasarkan ASTM. Uji karakteristik material tanah lunak dilakukan pengujian antara lain: kadar air asli tanah (w), bobot Isi (γ), specific gravity (G_s), Atterberg Limit (LL, PL dan PI), grain sieve Analysis, direct shear (c, ϕ), kuat tekan maksimum (q_u), modulus elastisitas (E), dan koefisien permeabilitas (k_x dan k_y). Selain itu dilakukan pula uji SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) dan XRD (*X-Ray Diffraction*).

Uji Kayu Galam

a) Uji Tekan Sejajar Serat

Uji tekan sejajar serat pada kayu galam ditunjukkan oleh Gambar 1. Kuat tekan sejajar serat dihitung dengan beban per satuan luas bidang tekan :

$$S// = \frac{P}{b \times h} \tag{4}$$

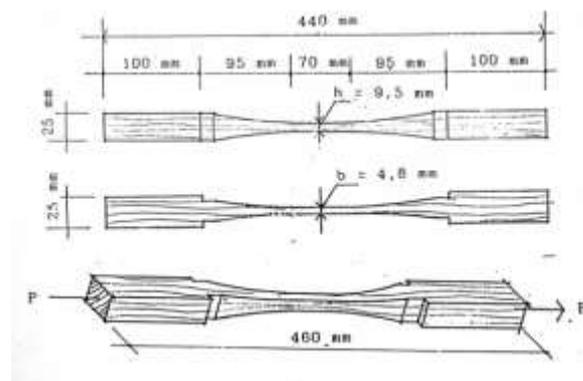
Dimana :

- $S//$: kuat tekan sejajar serat (kN/m²)
- P : beban uji maksimum (kN)
- b : lebar benda uji (m)
- h : tinggi benda uji (m)



Gambar 1. Uji Tekan Kayu Sejajar Serat
b) Uji Tarik Sejajar Serat

Tujuan metode pengujian ini adalah untuk memperoleh nilai kuat tarik sejajar serat dan tegak lurus serat kayu. ukuran dan bentuk benda uji untuk kuat tarik sejajar serat harus memenuhi ketentuan seperti pada Gambar 1. Ukuran dan bentuk benda uji untuk kuat tarik tegak lurus dengan serat harus memenuhi ketentuan seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Sampel Uji Tarik Kayu sejajar Serat

Kuat tarik sejajar serat dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$Strk// = \frac{P}{b \times h} \tag{5}$$

Dimana:

$Strk//$: kuat tarik sejajar serat (kN/m²)

c) Uji Geser Sejajar Serat

Kuat geser kayu sejajar serat dari benda uji dihitung dengan rumus:

$$t// = \frac{P}{b \times h} \tag{6}$$

Dimana :

$t//$: kuat geser sejajar serat (kN/m²)

c) Uji Lentur

| Properties | Value |
|-----------------------------|-------|
| Modulus Elasticity, E | |
| Cohesion, C | |
| Poison's ratio of soil, m | |
| Angle of friction, Φ | |
| Dilatancy angle, Ψ | |

Uji kuat lentur diuji pada tegak lurus serat yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Kuat lentur dari benda uji dihitung dengan rumus :

$$S_{lt} = \frac{3PL}{2bh^3}$$

Dimana :

S_{lt} : kuat lentur tegak lurus serat (kN/m²)

L : jarak tumpuan (m)



Gambar 3. Pengujian Lentur Tegak Lurus Serat

Analisa Daya Daya Dukung dan Penurunan Dengan Program Plaxis

Analisa stabilitas lereng menggunakan program PLAXIS. Parameter digunakan dari hasil uji laboratorium. Parameter yang tidak lengkap dari hasil pengujian, digunakan dari hasil korelasi dan beberapa refensi untuk membantu analisis. Secara umum data korelasi tanah digunakan dari data jenis tanah pada lokasi pengujian. Parameter tersebut ditunjukkan pada Tabel 1 untuk parameter

| Properties | Value |
|------------------------------|---------|
| Soil Modulus Elasticity, E | 3000 kN |
| Cohesion, C | |
| Poison's ratio of soil, m | |
| Angle of friction, Φ | |
| Dilatancy angle, Ψ | |

tanah dan Tabel 2 parameter untuk tiang pancangnya. Geometri dibuat berdasarkan

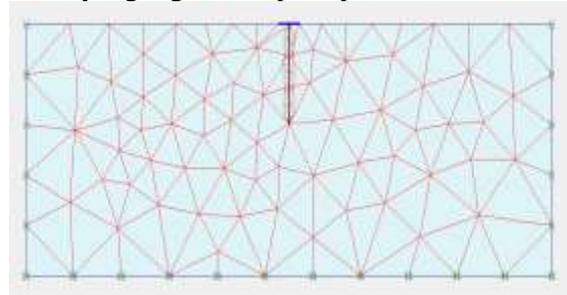
kondisi eksisting pada lokasi dan geometri desain seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. Berikut parameter yang digunakan pada analisis

Tabel 1. Soil Properties

Tabel 2. Pile Properties

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 3 dan 4 menunjukkan ringkasan hasil pengujian laboratorium untuk sampel tanah lunak yang digunakan pada penelitian ini.



Gambar 4. Uji Model dengan Program Plaxis

Tabel 3. Hasil Uji Kimia Tanah Lunak

| Parameter | Nilai | Satuan |
|----------------|----------|--------|
| Ph | 4.25 | |
| Clorida | 3673.15 | ppm |
| Total Sulphate | 8.185.00 | ppm |
| Organic matter | 2.370.00 | ppm |

Sumber : Hasil olahan data

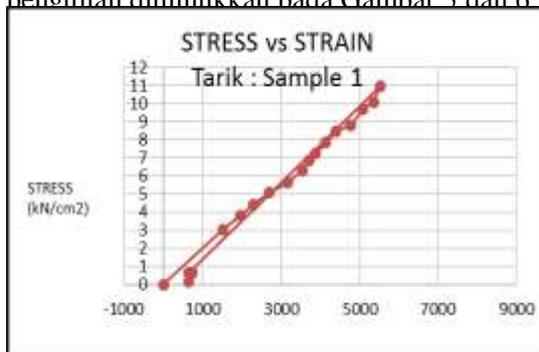
Tabel 4. Hasil Uji Sifat fisis dan teknis sampel tanah lunak

Uji karakteristik material kayu galam dilakukan pengujian antara lain: kuat tekan sejajar serat, kuat tarik sejajar serat, kuat geser sejajar serat dan kuat lentur tegak lurus serat. Hasil pemeriksaan kuat tekan, kuat tarik dan kuat lentur kayu galam dapat dilihat pada Tabel 5.

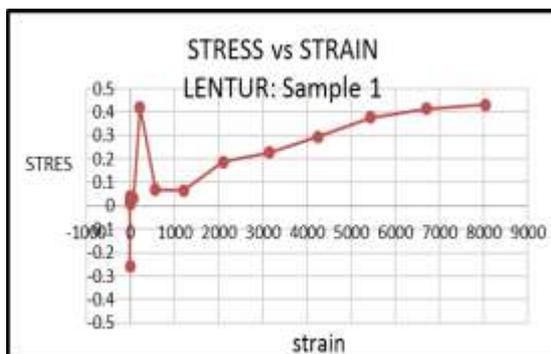
Tabel 5. Hasil Uji Tekan, Tarik, dan Lentur Kayu Galam

| Parameter | Nilai | Satuan |
|--------------------------|---------|--------------------|
| Kuat geser sejajar serat | 104.39 | Kg/cm ² |
| Kuat tekan sejajar serat | 457.31 | Kg/cm ² |
| Tegangan Tarik | 779.83 | Kg/cm ² |
| Tegangan Lentur | 1101.67 | Kg/cm ² |

Hasil pengujian tekan, tarik dan lentur pada kayu galam diperoleh suatu hubungan antara tegangan dan regangan. Hubungan tegangan dan regangan pada masing-masing hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 5 dan 6.



Gambar 5. Grafik hubungan antara tegangan dan regangan uji Tarik



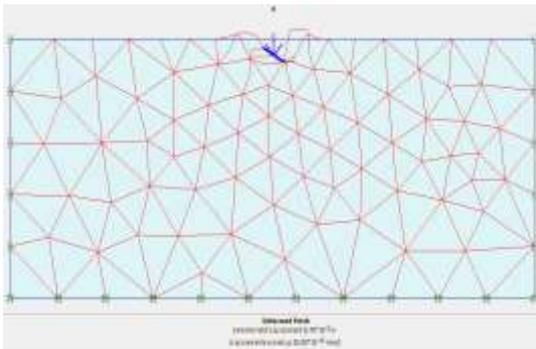
Gambar 6. Grafik hubungan antara tegangan dan regangan uji lentur

| Parameter | Nilai | Satuan |
|-------------------------------|-------|--------------------------|
| Natural Moisture Content (Wn) | 49 | % |
| Unit Weight of Soil | 1.40 | gr/cm ² |
| Wet Density | 1.40 | gr/cm ² |
| Dry Density | 0.94 | |
| Specific Gravity (Gs) | 2.69 | |
| Atterberg Limit (LL, PL, PI) | LL | 34.76 % |
| | PL | 28.36 % |
| | PI | 6.41 % |
| Porosity | 64 | % |
| Consolidation | Cc | 0.185 |
| | Cv | |
| Triaxial UU | C | 0.275 Kg/cm ² |
| | Ø | 20.095 ° |
| Unconfine Shear Strength | | |
| Parameter | Nilai | Satuan |
| Natural Moisture Content (Wn) | 49 | % |
| Unit Weight of Soil | 1.40 | gr/cm ² |
| Wet Density | 1.40 | gr/cm ² |
| Dry Density | 0.94 | |
| Specific Gravity (Gs) | 2.69 | |
| Atterberg Limit (LL, PL, PI) | LL | 34.76 % |
| | PL | 28.36 % |
| | PI | 6.41 % |
| Porosity | 64 | % |
| Consolidation | Cc | 0.185 |
| | Cv | |
| Triaxial UU | C | 0.275 Kg/cm ² |
| | Ø | 20.095 ° |
| Unconfine Shear Strength | | |

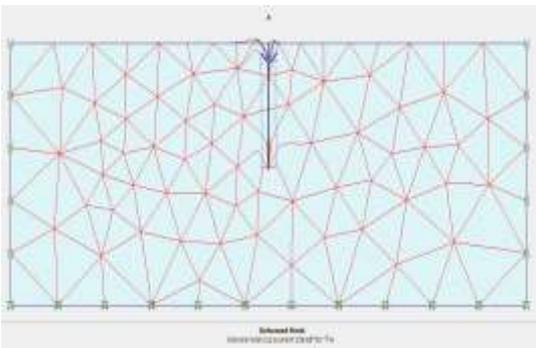
Hasil Plaxis

Hasil running program Plaxis 2D, dapat dilihat seperti pada Gambar 7 dan 8. Pada saat tanah lunak dibebani dengan beban statis 1.00 kN/m², maka terjadi keruntuhan pada tanah lunak. Namun pada saat dipasang tiang kayu galam panjang 1.00 m dengan diameter 10.00 cm, maka terjadi penurunan sebesar 15,8 cm. Hal ini menunjukkan bahwa dengan penambahan satu tiang kayu galam, akan mampu menambah daya dukung tanah dan mampu mengurangi permasalahan penurunan pada pondasi.





Gambar 7. Total Displacement pada saat pembebanan tanah Lunak



Gambar 8. Total Displacement Pada Saat Penambahantiang Kayu Galam

Dari analisis perhitungan Plaxis 2D diatas dapat disimpulkan bahwa kayu galam memiliki kemampuan yang baik untuk menambah daya dukung dan mengurangi penurunan pada pondasi dangkal.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian pada benda uji pondasi grid kayu galam dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Sampel Tanah merupakan tanah dengan klasifikasi tanah lunak dengan nilai jenis ML-OL dengan nilai LL = 34.7%, PL = 28.36%, PI – 6.41%
2. Kayu galam merupakan kayu dengan klasifikasi kelas 1 dengan nilai hasil uji sebagai berikut:
3. Pembebanan statik pada tanah lunak menghasilkan penurunan yang besar dengan daya dukung yang kecil
4. Pemberian beban statik pada tanah lunak dengan penambahan tiang kayu galam memberikan peningkatan kapasitas daya dukung dan mengurangi besarnya penurunan.

DAFTAR PUSTAKA

Demerdash, 2006. *An Experimental Study of Piled Embankments Incorporating Geosynthetic Basal Reinforcement*, Theses, University Of Newcastle-Upon-Tyne Department Of Civil Engineering.

Krishna Nag Rao, 2006. *Numerical Modeling and Analysis of Pile Supported Embankments*, Master Of Science In Civil Engineering. The University Of Texas At Arlington.

Suroso, Harimurti, Harsono M, 2008. *Alternatif Perkuatan Tanah Lempung Lunak (Soft Clay), Menggunakan Cerucuk Dengan Variasi Panjang Dan Diameter Cerucuk*, Jurnal Rekayasa Sipil – Volume 2 Nomor 1/ 2008, Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.

Tjandrawibawa, Effendy J dan Gunawan W, 2000. *Peningkatan Daya Dukung Pondasi Dangkal Dengan Menggunakan Cerucuk: Suatu Studi Model*.

Wibowo, AT, 2011. *Pengaruh Penggunaan cerucuk pada tanah lanau kepasiran berdasarkan uji triaxial terkonsolidasi takterdrainase*. Skripsi Fakultas Teknik Program Studi S1 Universitas Indonesia.



